

# Transizioni di fase del primo ordine con *supercooling*

**Candidato:** Giulio Barni (giulio.barni@stud.unifi.it)

**Relatore:** Prof. Andrea Tesi (andrea.tesi@unifi.it)

In cosmologia è possibile studiare transizioni di fase del primo ordine associate a campi quantistici, che descrivono, per esempio, la rottura spontanea di simmetrie. Esse avvengono tramite la nucleazione di bolle, cioè produzione di configurazioni di campi della fase stabile. Dopo la nucleazione, esse si espandono e collidono generando onde gravitazionali, che possono essere rivelate con gli attuali interferometri LIGO e VIRGO. Le transizioni di fase cosmologiche del primo ordine predicono che l'Universo rimanga per un certo tempo in uno stato metastabile, il cosiddetto falso vuoto. In tale intervallo di tempo, l'Universo sperimenta una fase di espansione esponenziale causata dall'energia di vuoto, che genera una fase di *supercooling*, durante la quale la temperatura decresce esponenzialmente nel tempo. Alcune transizioni con *supercooling* hanno una durata lunga rispetto al tempo di Hubble e ciò comporta un aumento dell'ampiezza delle onde gravitazionali. Di questo tipo di transizioni si occupa il presente lavoro di Tesi.

Formalmente, le teorie con un grande *supercooling* sono quelle con invarianza di scala. Però un'invarianza di scala esatta comporta un'infinita quantità di *supercooling*, ovvero un periodo di eterna *inflazione*. Per uscire da tale fase, è necessario considerare teorie che siano quasi invarianti di scala, in modo tale da generare un grande *supercooling*, ma non così grande da non far avvenire la transizione. Dopo una parte introduttiva in cui si introducono gli strumenti per il calcolo della probabilità di transizione e per determinare le caratteristiche dello spettro di onde gravitazionali, in questo lavoro si sono studiati modelli debolmente e fortemente accoppiati che esibiscono tali caratteristiche. Nei primi l'invarianza di scala approssimata è ottenuta considerando una teoria esattamente invariante di scala a livello classico a temperatura nulla, poi sono state introdotte le correzioni termiche e radiative, che rompono tale simmetria. Nei secondi si ipotizza la presenza di un nuovo settore fortemente interagente ad alte energie in cui la simmetria viene rotta sia esplicitamente, con l'aggiunta di un operatore marginale, che spontaneamente dalle correzioni radiative e termiche. La transizione studiata in questo tipo di modelli è tra una fase deconfinata ed una confinata, dove il confinamento rompe spontaneamente l'invarianza di scala. Dato che, in generale, le correzioni termiche e radiative tendono ad essere troppo piccole per avere un effetto osservabile, nel presente lavoro di Tesi si sono considerate teorie capaci di produrre una quantità sufficiente di *supercooling*. In particolare, si è considerato la transizione di fase che può aver luogo in un settore invariante di scala, fortemente accoppiato. Per rompere l'invarianza di scala si sono considerate le correzioni indotte da operatori con una dimensione tale da rompere esplicitamente, seppure debolmente, l'invarianza di scala. Si sono calcolate numericamente la durata della transizione e la sua temperatura di nucleazione per un range dei parametri rilevante e abbiamo trovato che il segnale di onde gravitazionali prodotto può essere rivelato da futuri aggiornamenti di LIGO e futuri interferometri come l'Einstein Telescope. La conclusione è che tali modelli, per un determinato intervallo dei parametri, potranno essere testati in un futuro non lontano.